

*PCT/EP 03/11118*

04 NOV 2003

REC'D 12 FEB 2004	
WIPO	PCT



Rec'd PCT/PTO

28 MAR 2003

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 46 977.6

**Anmeldetag:** 09. Oktober 2002

**Anmelder/Inhaber:** ThyssenKrupp Stahl AG, Duisburg/DE

**Bezeichnung:** Vorrichtung zum 3D-Freiformbiegen von Profilen

**IPC:** B 21 D 7/02

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 23. Oktober 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

KN/kw 020861  
08. Oktober 2002

### **Vorrichtung zum 3D-Freiformbiegen von Profilen**

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum 3D-Freiformbiegen von Profilen mit über deren Länge konstanten Außenabmessungen, insbesondere mit einer Kreisform, mit einer Vorschubeinrichtung zum Bewegen des Profils mit einer Längsachse, welche einen Drehantrieb zum Verdrehen des Profils um seine Längsachse aufweist, in einer zu dieser Längsachse parallelen Vorschubrichtung durch ein eine Durchtrittsöffnung aufweisendes Führungselement, welches an der Oberfläche des Profils anliegt, und eine in Vorschubrichtung hinter dem Führungselement angeordnete, das zu biegende Profil zumindest teilweise umschließende Biegehülse, die in einem Trägerelement gehalten ist, mit dem sie um eine senkrecht zur Vorschubrichtung des Profils liegende Achse kippbar und senkrecht zur Längsachse und Kippachse verlagerbar ist, derart, daß die Biegehülse auf das Profil biegend einwirkt.

Derartige 3D-Freiformbiegevorrichtungen sind aus dem Stand der Technik bekannt. So ist z.B. aus der JP 08 257 643 A eine 3D-Profilbiegevorrichtung bekannt, bei der ein Profil mittels einer Vorschubeinrichtung durch ein ortsfestes Führungselement und eine in Vorschubrichtung dahinter angeordnete, in ein Trägerelement integrierte Biegehülse geschoben wird. Das Trägerelement ist um eine senkrecht zur Längsachse des zu

biegenden Profils durch die Mitte der Biegehülse verlaufende erste Achse drehbar in einem Aufnahmegerüst gehalten. Das Aufnahmegerüst selbst ist um eine zweite Drehachse, welche sowohl senkrecht zur Profilachse als auch senkrecht zur ersten Achse durch die Mitte der Biegehülse verläuft, drehbar gelagert. Weiterhin ist das Aufnahmegerüst entlang beider Achsen verschiebbar. Durch das aufeinander abgestimmte Verdrehen und Verschieben des Aufnahmegerüsts bzw. Verdrehen des Trägerelements im Aufnahmegerüst kann das Profil dreidimensional gebogen werden.

Nachteilig an dieser Biegevorrichtung ist, daß die unterschiedlichen Dreh- und Schiebewebewegungen von Trägerelement und Aufnahmegerüst exakt aufeinander abzustimmen sind, um die gewünschte Profilform zu erzeugen. Dies bedingt zum einen hohe Investitionskosten und zum anderen eine aufwendige CNC-Steuerung der Biegevorrichtung.

Eine weitere Biegevorrichtung, die nach demselben Prinzip wie die vorgenannte Vorrichtung funktioniert, ist aus der EP 0 928 646 A1 bekannt. Zusätzlich zu der Verschwenk- bzw. Verschiebbarkeit um die bzw. entlang der senkrecht zur Profilachse angeordneten, zueinander orthogonalen Achsen kann bei dieser Vorrichtung das Trägerelement um die Längsachse des Profils verdreht werden, um eine gewünschte Torsion des Profils während des Biegens zu erreichen. Bei dieser Vorrichtung sind zwar sämtliche Freiheitsgrade des Biegevorgangs erfaßt, jedoch sind dafür neben der Vorschubeinrichtung insgesamt fünf einzelne aufeinander abzustimmende Dreh- bzw.

Linearantriebe erforderlich. Dies stellt höchste Ansprüche an die Präzision und den Synchronismus der Antriebe und ist nicht kostengünstig realisierbar.

In der EP 0 928 645 A1 ist eine Biegevorrichtung zum 3D-Freiformbiegen von Profilen mit vereinfachtem Aufbau beschrieben. Wie bei dem oben beschriebenen Stand der Technik, wird bei dieser Vorrichtung das Profil über eine Vorschubeinrichtung durch ein drehfestes Führungselement und eine dahinter angeordnete U-förmige, offene Biegehülse geschoben. Das Führungselement ist in eine drehfest mit dem Maschinengestell verbundene Hülse eingesteckt, um welche wiederum eine äußere Hülse drehbar gelagert ist. Dabei fällt die Rotationsachse der äußeren Hülse mit der Längsachse des Profils zusammen. Die äußere Hülse weist einen sich in Vorschubrichtung erstreckenden Ausleger auf, an dessen Ende ein die Biegehülse tragendes Stützelement schwenkbar um eine senkrecht zur Vorschubeinrichtung und dazu seitlich versetzt verlaufende Achse gelagert ist. Die Position dieser Achse relativ zur Biegehülse ist dabei so gewählt, daß die zur Einstellung des gewünschten Biegeradius erforderliche Verdrehung und Verschiebung der Biegehülse durch eine einzige Schwenkbewegung bewerkstelligt wird. Eine dreidimensionale Biegung des Profils wird dadurch erreicht, daß die äußere Hülse und mit ihr die über das Stützelement und den Ausleger mit der äußeren Hülse verbundene, offene Biegehülse um einen bestimmten Winkel, der der gewünschten Änderung der Lage der Biegeebene entspricht, um die Profilachse gedreht wird. Sodann wird die Biegehülse zur Einstellung des gewünschten

Biegeradius erneut entsprechend verschwenkt und die Biegung in einer neuen Biegeebene fortgesetzt.

Gegenüber den vorstehend beschriebenen, anderen Biegevorrichtungen zeichnet sich diese Vorrichtung durch einen stark vereinfachten Aufbau aus, der neben der Vorschubeinrichtung nur noch zwei weitere Antriebe erfordert. Nachteilig ist jedoch der aufwendige Mechanismus zur Verdrehung der Biegehülse über die drehbar gelagerte äußere Hülse. Dies steht einer kompakten Auslegung der Vorrichtung entgegen. Auch entsteht in der Umstellungsphase von der einen Biegung in die andere Biegung ein häufig nicht gewünschter ausgedehnter gerader Übergangsabschnitt. Weiterhin bleibt der Einsatz auf Profile mit kreisförmigem Querschnitt beschränkt, da das Profil in der Biegehülse axial verdrehbar gehalten sein muß.

Aus der Praxis ist darüber hinaus eine 3D-Biegevorrichtung zum Biegen von Profilen mit kreisförmiger Querschnittsform bekannt, bei der das Profil durch eine das Profil formschlüssig umschließende drehfeste Führungshülse und eine dahinter angeordnete in einem Trägerelement gehaltene, das Profil ebenfalls formschlüssig umschließende Biegehülse geschoben wird. Die zur Einstellung des gewünschten Biegeradius erforderliche Verdrehung und Verlagerung der Biegehülse wird dadurch erreicht, daß die Biegehülse über das Trägerelement senkrecht zur Vorschubrichtung drehbar in einer Schwinge gehalten ist und über einen Auslegerarm mittels eines Stellzylinders verschwenkt wird. Zum Zwecke der Änderung der Biegeebene wird im Gegensatz zum

vorgenannten Stand der Technik anstelle eines Verschwenkens der Biegehülse um die Profillängsachse das Profil durch einen in die Vorschubeinrichtung integrierten Antrieb um seine Längsachse verdreht. Im Ergebnis läuft somit die Relativbewegung zwischen Biegehülse und dem zu biegenden Profil unverändert ab.

Dadurch ist bezogen auf den vorstehend beschriebenen Stand der Technik ein kompakterer Aufbau der Biegevorrichtung möglich. Gleichwohl ist auch diese Vorrichtung nicht zum Biegen eines Profils mit einer von der Kreisform abweichenden Querschnittsform geeignet, da das Profil sowohl in der Führungshülse als auch in der Biegehülse verdrehbar gelagert sein muß.

Zudem sind aus dem Stand der Technik die in der Automobilindustrie mittlerweile sehr verbreiteten Ziehbiegemaschinen für Hohlprofile bekannt, mit denen allerdings lediglich Biegungen in einer Ebene, also 2D-Biegungen realisiert werden können. In der DE 100 20 727 C1 ist eine Ziehbiegemaschine für dünnwandige Metallrohre beschrieben. Hierbei wird das Rohr an seinem vorderen Ende in einer Spannvorrichtung zwischen Spannbacken eingeklemmt. Bei dünnwandigen Rohren ist es dabei erforderlich, das Rohr von seiner Innenseite her im Bereich der Einspannung durch einen Spannkopf und im Bereich der Biegeverformung durch einen Biegedorn abzustützen. Um die Biegung des eingespannten Rohres einzuleiten, wird ein Biegetisch, der im Bereich der Biegung eine Kreisform aufweist, welche den erzielbaren Biegeradius festlegt, um seine Drehachse verschwenkt. Dabei wird das Rohr nach vorne gezogen und gleichzeitig

über den Biegetisch gebogen. Neben der Beschränkung auf Biegungen in einer Ebene liegt der zentrale Nachteil solcher Ziehbiegemaschinen darin, daß sich mit ihnen keine variablen Radien und Biegungen um die Profillängsachse realisieren lassen.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zu schaffen, die bei einfachem Aufbau das 3D-Freiformbiegen von Profilen mit über ihre Länge konstanter äußerer Form, wie der eines Kreises, aber auch der eines Ovals oder regelmäßigen Vielecks etc., gestattet.

Diese Aufgabe wird bei einer Vorrichtung der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß

- a) das Profil in oder mit dem Führungselement um die Längsachse drehbar gelagert ist,
- b) das Profil in oder mit der Biegehülse um die Längsachse drehbar gelagert ist,
- c) die Biegehülse über das Trägerelement um einen ersten Gelenkpunkt einer Schwinge außermittig schwenkbar gelagert ist, wobei die Schwinge ihrerseits um einen auf derselben Profilseite wie der erste Gelenkpunkt außermittig zur Profillängsachse angeordneten zweiten Gelenkpunkt schwenkbar gelagert ist,
- d) das Trägerelement auf der den Gelenkpunkten gegenüber liegenden Profilseite in einer Führungsnut gehalten ist, derart, daß der auf die Außenseite des Profils biegend einwirkende Bereich der Innenfläche der Biegehülse bei Veränderung der Position des in der Führungsnut gelagerten Teils des Trägerelements

abzüglich der Rückfederung des Profils stets tangential zu einem dem jeweils gewünschten Biegeradius entsprechenden Kreisbogen ausgerichtet ist.

Das 3D-Freiformbiegen eines Profils mit über seine Länge konstanten Außenabmessungen wird dadurch erreicht, daß das Profil mittels des auf ihn einwirkenden Drehantriebes gegenüber der stationären Position der Biegehülse um seine Längsachse verdrehbar ist. Bei Profilen mit von der Kreisform abweichender Querschnittsform werden dabei das Führungselement in seiner Aufnahmeeinheit und die Biegehülse in dem Trägerelement insbesondere durch Formschluß axial mitverdrehen, während im Falle eines Profils mit kreisförmiger Querschnittsform die Führungshülse und die Biegehülse auch fest mit ihrer jeweiligen Aufnahme verbunden sein können. Infolge der Verdrehung des Profils bleibt die Biegeebene auch nach Änderung der Biegerichtung unverändert. Deshalb kann der Aufbau der Vorrichtung insofern konstruktiv vergleichsweise einfach gestaltet sein, als die Vorrichtung als Erweiterung einer 2D-Ziehbiegemaschine ausgelegt sein kann. Die Verstellbewegung der Biegehülse zur Einstellung des Biegeradius erfolgt in einer Ebene und kann damit beispielsweise mit der Bewegung des Biegetisches einer Ziehbiegemaschine gekoppelt werden. Folglich können wichtige Komponenten einer konventionellen Ziehbiegemaschine weiterverwendet werden. Somit ist es Anwendern, die bereits über Ziehbiegemaschinen für 2D-Biegungen verfügen, möglich, durch geeignete Erweiterung ihrer Maschinen 3D-Biegungen

von Profilen durchzuführen, ohne in vollständig neue Maschinen investieren zu müssen.

Durch die außermittig schwenkbare Lagerung des Trägerelements mit der Biegehülse um einen Gelenkpunkt einer Schwinge läßt sich der Positionierantrieb für die Biegehülse unter Minimierung der Anzahl beweglicher Teile kostengünstig realisieren. Eine Installation und Ansteuerung von Linearachsen zur Verschiebung des Trägerelements in zwei Raumrichtungen entfällt dabei vollständig.

Ein kompakter Aufbau der erfindungsgemäßen Vorrichtung kann dadurch realisiert werden, daß das Führungselement als eine um die Längsachse des Profils drehbar gelagerte Führungshülse ausgebildet ist. Dabei erweist es sich als besonders vorteilhaft, wenn die Führungshülse längs geteilt ist. Durch die Teilung der Führungshülse, beispielsweise in zwei Hälften, wird erreicht, daß das Spiel zwischen dem Profil und der Führungshülse, und damit auch zwischen dem Profil und der Biegehülse, vollständig beseitigt werden kann. Dies ermöglicht das Biegen mit im Vergleich zum Stand der Technik besonders kleinem Biegeradius.

Weist die Durchtrittsöffnung des Führungselementes eine sich in Vorschubrichtung im wesentlichen kontinuierlich ändernde Querschnittsform auf, so daß das Führungselement als formgebende Matrize auf das Profil einwirkt, kann vor dem Biegeprozeß der Profilquerschnitt zusätzlich gezielt verändert werden. Dazu kann das Führungselement beispielsweise mit in seine Durchtrittsöffnung

eingesetzten Formelementen versehen sein. Kleine Änderungen der Querschnittsform können im kalten Zustand erfolgen, während es im Falle größerer Formänderungen zweckmäßig ist, daß das Führungselement eine Heizeinrichtung zum Aufheizen des Profils aufweist. Es versteht sich, daß die Heizeinrichtung auch bei konstant gehaltener Querschnittsform den Biegeprozeß bei klein gewähltem Biegeradius unterstützt.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß die Ränder der Durchtrittsöffnung der Führungshülse ein- und/oder ausgangsseitig abgerundet sind. Dies erleichtert das Einführen des Profils in die Biegehülse bei der Vorbereitung des Biegeprozesses.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung eignet sich insbesondere auch zum Biegen von Hohlprofilen mit veränderlichen Biegeradien. Im Falle kleiner Biegeradien weist die Vorrichtung einen Biegedorn auf, der das Hohlprofil beim Biegen von innen abstützt. Dadurch wird ein Kollabieren des Hohlprofils insbesondere beim Biegen mit kleinem Biegeradius wirksam verhindert und die Faltenbildung in dem gebogenen Bereich reduziert.

Voraussetzung für ein gleichmäßiges Biegeergebnis unter Einhaltung des eingestellten Biegeradius und Minimierung der in dem zu biegenden Profil auftretenden Spannungen ist die tangentielle Ausrichtung des auf die Außenseite des Profils biegend einwirkenden Bereiches der Innenfläche der Biegehülse zu einem dem Biegeradius entsprechenden Kreisbogen. Falls kein Biegedorn zur inneren Abstützung des zu biegenden Profils verwendet

wird, setzt die Biegung in Abhängigkeit der Querschnittsgeometrie und der Wandstärke des Profils relativ zu der umschlossenen Querschnittsfläche nicht erst am Ausgang des Führungselementes, sondern bereits im Führungselement ein, so daß es folglich zu einer Verschiebung des Kreisbogens in die der Vorschubrichtung entgegengesetzte Richtung kommt. Eine weiterhin tangentiale Ausrichtung der Biegehülse zu dem verschobenen Kreisbogen wird dann dadurch erreicht, daß der Verlauf der Führungsnut relativ zur Profillängsachse einstellbar ist.

Zusätzlich zur Biegung kann eine plastische Torsion des Profils um seine Längsachse dadurch erreicht werden, daß die Biegehülse einen Drehantrieb aufweist. In diesem Falle wird die Biegehülse und mit ihr das zu biegende Profil mittels des Drehantriebes um die Profillängsachse verdreht, während die entsprechende Drehung der Führungshülse durch eine geeignete Blockierung unterbunden wird. Der Drehantrieb kann beispielsweise in das Trägerelement integriert sein.

Für die Biegehülse gibt es verschiedene Möglichkeiten der Ausgestaltung hinsichtlich der Anpassung der Hülsenöffnung an den Querschnitt des jeweils zu biegenden Profils. So kann die Biegehülse das Profil vollständig umschließen. Ein besonders variabler Einsatz ist auch mit einer U-förmig ausgebildeten Biegehülse möglich.

Das Einführen des Profils in die Biegehülse wird wie auch im Falle der Führungshülse dadurch erleichtert, daß die Ränder der Biegehülse ein- und/oder ausgangsseitig

abgerundet sind. Dabei muß sie beim Einführen des Profils wie auch im Betrieb gegen axialen Schub, der durch das Profil ausgeübt wird, hinreichend gesichert sein. Ein exakt den Vorgaben entsprechendes Biegeergebnis wird auch dadurch unterstützt, daß die Innenfläche der Biegehülse in Vorschubrichtung einen linearen oder leicht konkav gekrümmten Bereich aufweist. Handelt es sich bei dem zu biegenden Profil um ein Hohlprofil mit kreisrunder äußerer Form, so sollte dieser Bereich  $\geq 1/5$  des Profildurchmessers betragen.

Zur weiteren Minimierung der Faltenbildung während des Biegeprozesses ist es zweckmäßig, wenn zwischen dem Führungselement und der Biegehülse coaxial zum Führungselement ein Formelement mit einer angepaßten Durchtrittsöffnung, die abschnittsweise dem Querschnitt des Profils entspricht, derart angeordnet ist, daß es als Faltenglätter auf das Profil einwirkt. Dieses Element, das im Falle des Biegens von Hohlprofilen den Einsatz des vorstehend genannten Biegedorns ergänzt, ermöglicht somit eine weitere Verkleinerung des Biegeradius. Es kann je nach Anwendungsfall biegsam oder starr ausgelegt sein. Im Falle eines Profils mit äußerer Kreisform weist es sinnvollerweise eine Ringform auf. Nach einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann es als Verlängerung des Führungselements in Richtung der Biegehülse ausgebildet sein. Ebenso ist eine Verlängerung der Biegehülse in Richtung des Führungselementes möglich. In diesen Fällen ist eine U-förmige Ausbildung des Formelementes zweckmäßig, so daß während des Biegeprozesses die Seitenflanken des Profils gestützt werden. Im Falle der Ausführung als biegsames Formelement

kann es als Spiralfeder ausgebildet oder aus einem gummielastischen Werkstoff, beispielsweise einem elastomeren Kunststoff, gefertigt sein.

Im folgenden wird die Erfindung anhand einer ein Ausführungsbeispiel darstellenden Zeichnung näher erläutert. Im einzelnen zeigen:

- Fig. 1 eine Vorrichtung zum 3D-Freiformbiegen von Profilen mit einem eingesetzten Hohlprofil unmittelbar vor Biegebeginn in Seitenansicht,
- Fig. 2 die Vorrichtung der Fig. 1 im Längsschnitt,
- Fig. 3 die Vorrichtung der Fig. 1 in perspektivischer Ansicht und
- Fig. 4 die Vorrichtung der Fig. 1 im Querschnitt I-I der Fig. 2 ausschnittsweise.

Die Biegevorrichtung weist ein als Führungshülse ausgebildetes Führungselement 1 auf, das in einem ortsfesten Aufnahmeblock 2 über zwei Lager 2a um seine Längsachse L drehbar gelagert ist. Diese Drehung kann durch eine nicht dargestellte Blockiereinrichtung unterbunden werden. Weiterhin ist das Führungselement 1 längs in zwei Hülsehälften 1a, 1b geteilt. Diese bilden gemeinsam eine der Form des Profils angepasste Durchtrittsöffnung 1c mit eingangsseitig abgerundetem Rand 1d. In Vorschubrichtung V eines zu biegenden Profils 7 mit einer Längsachse L, insbesondere eines Hohlprofils, ist hinter den Hülsehälften 1a, 1b ein ebenfalls

hülsenförmig ausgebildetes, aus einem gummielastischen Material bestehendes Formelement 1e angeordnet (s. Fig. 2), welches ebenfalls der Querschnittsform des Profils 7 angepasst und mit der unteren Hülsehälfte 1b fest verbunden ist. Weiterhin weist die Biegevorrichtung eine als Profilspannzange ausgebildete Vorschubeinrichtung 3 zur Verklebung des Profils 7 an dessen in Vorschubrichtung V hinterem stirnseitigen Ende 7a auf. Die Vorschubeinrichtung 3 wiederum ist durch einen nicht dargestellten Linearantrieb in einer Vorschubrichtung V verschiebbar. Weiterhin ist die Vorschubeinrichtung 3 mit einem ebenfalls nicht dargestellten Drehantrieb versehen, der eine Verdrehung der Vorschubeinrichtung 3 und mit ihr des Profils 7 um dessen Längsachse L erlaubt.

Ein als Trägerplatte ausgebildetes Trägerelement 4 ist in Vorschubrichtung V hinter dem Führungselement 1 und dem Formelement 1e angeordnet und über zwei parallele Schwingen 4a (s. Fig. 3) mit dem ortsfesten Aufnahmeblock 2 verbunden. Dabei sind sowohl das Trägerelement 4 in den Schwingen 4a als auch die Schwingen 4a selbst in dem Aufnahmeblock 2 drehbar gelagert. Das Trägerelement 4 und die Schwingen 4a bilden somit gemeinsam ein Koppelgetriebe. In das Trägerelement 4 ist eine runde Öffnung 4b eingeformt, in der eine eingesetzte Biegehülse 5 mittels eines Lagers 4c (s. Fig. 4) drehbar gelagert ist. Zudem ist die Biegehülse 5 über das Trägerelement 4 um zwei auf einer senkrecht zur Profillängsachse L verlaufenden Achse angeordnete erste Gelenkpunkte  $P_1$  der Schwingen 4a außermittig schwenkbar gelagert. Die Schwingen 4a ihrerseits sind um jeweils einen auf

derselben Profilseite außermittig zur Profillängsachse L angeordneten zweiten Gelenkpunkt  $P_2$  schwenkbar gelagert. In das Trägerelement 4 ist ein nicht dargestellter Drehantrieb zur Verdrehung der Biegehülse integriert. Der Innenquerschnitt 5a der Biegehülse 5 ist ebenfalls der Form des zu biegenden Profils 7 angepasst, insbesondere quadratisch oder kreisförmig, jedoch größer bemessen als die Durchtrittsöffnung 1c des Führungselementes 1. Die Ränder 5b der Durchtrittsöffnung der Biegehülse 5 sind zur leichteren Handhabung ein- und ausgangsseitig abgerundet. Zudem weist die Innenfläche der Biegehülse 5 in Vorschubrichtung V einen linearen Bereich 5c auf (s. Fig. 4).

An dem Aufnahmeblock 2 ist ein gabelförmiger Ausleger 2b befestigt, in dessen zwei Ästen 2c jeweils eine gebogene Führungsnut 2d eingeformt ist. In den Führungsnuten 2d des Auslegers 2b ist das Trägerelement 4 über nach außen weisende Führungszapfen 4c verschiebbar gelagert. Weiterhin ist ein um die verlängerte Drehachse 6a eines scheibenförmigen Biegetisches 6 herumgeführter Stellarm 4d starr mit dem Trägerelement 4 verbunden. Der Biegetisch 6 kann dabei Teil einer konventionellen Ziehbiegevorrichtung sein. Am Ende des Stellarmes 4d sind ebenfalls zwei nach außen weisende Führungszapfen 4e angeordnet. Diese greifen in Führungsnuten 6c ein, welche in zwei parallel ausgerichtete Auslegerarme 6b eingeformt sind. Die Auslegerarme 6b sind mit ihrem einen Ende fest mit der Drehachse 6a des Biegetisches 6 verbunden und somit zusammen mit dem Biegetisch 6 über dessen nicht dargestellten Drehantrieb verstellbar.

Die Arbeitsweise der erfindungsgemäßen Biegevorrichtung ist die folgende:

Das zu biegende Hohlprofil 7 wird mit seinem einen stirnseitigen Ende 7a in der Vorschubeinrichtung 3 fest verspannt. In dem Hohlprofil 7 ist ein Biegedorn 8 eingesteckt, der durch die Vorschubeinrichtung 3 geführt und dahinter mittels eines nicht dargestellten, ortsfesten Befestigungselementes befestigt ist. Dieser besteht aus einem biegsamen vorderen Dornteil 8a, insbesondere einer Kugelschleife für ein Rohr mit kreisrunder Querschnittsform, und einem nicht dargestellten hinteren Spannkopf, über den der Biegedorn 8 axial gehalten wird. Der Biegedorn 8 dient der Verhinderung des Kollabierens bzw. einer übermäßigen Faltenbildung des Profils 7 im Zuge des Biegeprozesses. Deshalb liegt sein Dornteil 8a stützend an der Innenseite des Hohlprofils 7 an. Es versteht sich, dass bei einem Hohlprofil mit eckiger Form, z.B. einem Rohr mit quadratischer Querschnittsform, das Dornteil eine entsprechende Querschnittsform haben muß.

Zur Vorbereitung des Biegens wird das Hohlprofil 7 durch den Linearantrieb der das Hohlprofil 7 an seinem hinteren Ende 7a ergreifenden Vorschubeinrichtung 3 in das Führungselement 1 eingeschoben. Dies wird durch den eingangsseitig abgerundeten Rand 1d der Durchtrittsöffnung 1c des Führungselementes 1 erleichtert. Aufgrund der entsprechend gewählten Innenquerschnittsform der Durchtrittsöffnung 1c liegt das Führungselement 1 formschlüssig an dem Hohlprofil 7 an.

Vor der Einleitung des Biegens steht das Trägerelement 4 in einer Ausgangsstellung I, in der die Biegehülse 5 mit dem Führungselement 1 fluchtend angeordnet ist. Das Hohlprofil 7 wird nun so weit durch das Führungselement 1 und das Formelement 1e geschoben, daß sein von der Vorschubeinrichtung 3 abgewandtes Ende 7b, auf dessen Höhe sich das Dornteil 8a des eingesteckten Biegedorns 8 befindet, über die Biegehülse 5 geringfügig hinausragt.

Zur Einleitung des Biegens in zunächst einer Ebene (2D-Biegen) werden bei konstantem Vorschub des Hohlprofils 7 und axial festgehaltenem Biegedorn 8 die Auslegerarme 6b zusammen mit dem Biegetisch 6 um einen Winkel  $\alpha$  im Uhrzeigersinn verdreht. Dabei wird das Trägerelement 4 über seinen Stellarm 4d mitbewegt, wobei die Führungszapfen 4e in den ihnen zugeordneten Führungsnuten 6c radial nach außen wandern. Das Trägerelement 4 führt relativ zur Vorschubrichtung V des Hohlprofils 7 eine Schwenkbewegung aus, die sich aus einer Kippbewegung und einer translatorischen Bewegung mit mindesten einem Anteil senkrecht zur Profilachse L zusammensetzt. Ist die Schwenkbewegung der Auslegerarme 6b um den Winkel  $\alpha$  abgeschlossen, befindet sich das Trägerelement 4 in einer weiter als in Fig. 1 und 2 im Uhrzeigersinn verschwenkten Position II, die ebenso wie jede andere mögliche Stellung eindeutig durch die jeweilige Position der Führungszapfen 4c, 4e in den in die Auslegerenden 2b eingeformten Führungsnuten 2c sowie durch die Stellung des Trägerelementes 4 relativ zu den Schwingen 4a bestimmt ist. Jeder Stellung des Trägerelementes 4 entspricht dabei eindeutig ein Biegeradius, so daß durch geeignete

Wahl des Verstellwinkels  $\alpha$  der gewünschte Biegeradius leicht eingestellt werden kann.

Zum Übergang in das 3D-Freiformbiegen, d.h. eine Richtungsänderung des Biegens bzw. eine Änderung der Biegeebene, wird der Vorschub angehalten und das Hohlprofil 7 durch den mit der Profilspannzange 3 verbundenen Drehantrieb um den gewünschten Winkel verdreht. Sowohl das im Aufnahmeblock 2 drehbar gelagerte Führungselement 1 als auch die im Trägerelement 4 drehbar gelagerte Biegehülse 5 werden dabei mitgedreht. Hieraus wird ersichtlich, daß im Gegensatz zum Stand der Technik eine strenge Rotationssymmetrie des zu biegenden Profils 7 bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Durchführung des 3D-Freiformbiegen nicht mehr erforderlich ist.

Bei der Verdrehung des Hohlprofils 7 durch die Vorschubeinrichtung 3 wird der bereits gebogene Anteil des Hohlprofils 7 aus der festgelegten Biegeebene B der Biegevorrichtung herausgedreht und das bei wieder einsetzendem Vorschub weiter zugeführte Hohlprofil 7 räumlich unverändert in der Biegeebene B gebogen. Dabei wird auch der sich während der Verdrehung des Hohlprofils 7 auf Höhe der Biegehülse 5 befindliche Profilabschnitt aus der Biegeebene B herausbewegt. Dies ist ohne Verstellung der Biegehülse 5 möglich, da die zu den Außenabmessungen des Profils 7 mit seitlichem Spiel bemessene Durchtrittsöffnung 5a der Biegehülse 5 dem Profil 7 genügend Freiraum bietet.

Wenn eine der Biegung überlagerte Torsion eines Profils mit von der Kreisform abweichender Querschnittsform

gefordert ist, wird das Führungselement 1 über die Blockiereinrichtung blockiert und die Biegehülse 5 definiert verdreht. In diesem Fall kann jedoch keine Änderung der Biegeebene erfolgen.

Soll zusätzlich der Biegeradius verändert werden, erfolgt in der beschriebenen Weise auch eine Verstellung der Position des die Biegehülse 5 haltenden Trägerelementes 4 durch Verdrehen der Auslegerarme 6b zusammen mit dem Biegetisch 6.

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Vorrichtung zum 3D-Freiformbiegen von Profilen (7) mit über deren Länge konstanten Außenabmessungen, insbesondere mit einer Kreisform, mit einer Vorschubeinrichtung (3) zum Bewegen des Profils (7) mit einer Längsachse (L), welche einen Drehantrieb zum Verdrehen des Profils (7) um seine Längsachse (L) aufweist, in einer zu dieser Längsachse (L) parallelen Vorschubrichtung (V) durch ein eine Durchtrittsöffnung (1c) aufweisendes Führungselement (1), welches an der Oberfläche des Profils (7) anliegt, und eine in Vorschubrichtung (V) hinter dem Führungselement (1) angeordnete, das zu biegende Profil (7) zumindest teilweise umschließende Biegehülse (5), die in einem Trägerelement (4) gehalten ist, mit dem sie um eine senkrecht zur Vorschubrichtung (V) des Profils (7) liegende Achse kippbar und senkrecht zur Längsachse (L) und Kippachse verlagerbar ist, derart, daß die Biegehülse (5) auf das Profil (7) biegend einwirkt,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a ß
  - a) das Profil (7) in oder mit dem Führungselement (1) um die Längsachse (L) drehbar gelagert ist,
  - b) das Profil (7) in oder mit der Biegehülse (5) um die Längsachse (L) drehbar gelagert ist,

- c) die Biegehülse (5) über das Trägerelement (4) um einen ersten Gelenkpunkt ( $P_1$ ) einer Schwinge (4a) außermittig schwenkbar gelagert ist, wobei die Schwinge (4a) ihrerseits um einen auf derselben Profilseite wie der erste Gelenkpunkt ( $P_1$ ) außermittig zur Profillängsachse (L) angeordneten zweiten Gelenkpunkt ( $P_2$ ) schwenkbar gelagert ist,
- d) das Trägerelement auf der den Gelenkpunkten ( $P_1, P_2$ ) gegenüber liegenden Profilseite in einer Führungsnut (2d) gehalten ist, derart, daß der auf die Außenseite des Profils (7) biegend einwirkende Bereich der Innenfläche der Biegehülse (5) bei Veränderung der Position des in der Führungsnut (2d) gelagerten Teils des Trägerelements (4) abzüglich der Rückfederung des Profils (7) stets tangential zu einem dem jeweils gewünschten Biegeradius entsprechenden Kreisbogen ausgerichtet ist.

- 2. Vorrichtung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, daß das drehbar gelagerte Führungselement (1) als Führungshülse (1) ausgebildet ist.
- 3. Vorrichtung nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Führungshülse (1) längs geteilt ist.
- 4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Durchtrittsöffnung (1c) des Führungselementes (1)

eine sich in Vorschubrichtung (V) im wesentlichen kontinuierlich ändernde Querschnittsform aufweist, so daß das Führungselement (1) als formgebende Matrize auf das Profil (7) einwirkt.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
das Führungselement eine Heizeinrichtung zum  
Aufheizen des Profils (7) aufweist.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die Ränder (1d) der Durchtrittsöffnung (1c) der  
Führungshülse (1) ein- und/oder ausgangsseitig  
abgerundet sind.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die Vorrichtung im Falle eines zu biegenden  
Hohlprofils (7) einen Biegedorn (8) aufweist, der das  
Hohlprofil (7) beim Biegen von innen abstützt.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
der Verlauf der Führungsnut (2d) relativ zur  
Profillängsachse (L) einstellbar ist.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die Biegehülse (5) einen Drehantrieb aufweist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die Biegehülse (5) das Profil (7) vollständig  
umschließt.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die Biegehülse (5) U-förmig ausgebildet ist.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die Ränder (5b) der Biegehülse (5) ein- und/oder  
ausgangsseitig abgerundet sind.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die Innenfläche der Biegehülse (5) in  
Profillängsrichtung (L) einen linearen oder leicht  
konkav gekrümmten Bereich (5c) aufweist.
14. Vorrichtung nach Anspruch 13,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
im Falle eines Hohlprofils (7) mit kreisrundem  
Querschnitt der lineare oder leicht konkav gekrümmte  
Bereich (5c)  $\geq 1/5$  des Profildurchmessers ist.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
zwischen dem Führungselement (1) und der Biegehülse  
(5) ein Formelement (1e) mit einer angepaßten  
Durchtrittsöffnung, die abschnittsweise dem

Querschnitt des Profils entspricht, derart angeordnet ist, daß es als Faltenglätter auf das Profil (7) einwirkt.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
das Formelement (1e) als Verlängerung des  
Führungselements (1) in Richtung der Biegehülse (5)  
ausgebildet ist.
17. Vorrichtung nach Anspruch 15,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
das Formelement (1e) als Verlängerung der Biegehülse  
(5) in Richtung des Führungselementes (1) ausgebildet  
ist.
18. Vorrichtung nach Anspruch 15,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
das Formelement (1e) als Spiralfeder, Metall- oder  
Elastomerringe ausgebildet ist.

## Z U S A M M E N F A S S U N G

Vorrichtung zum 3D-Freiformbiegen von Profilen mit beliebigen, aber über die Profillänge konstanten Außenmassen, insbesondere Hohlprofilen, in der das zu biegende Profil (7) mit einer Längsachse (L) mittels einer einen Drehantrieb aufweisenden Vorschubeinrichtung (3) in einer zur Längsachse (L) parallelen Vorschubrichtung (V) durch die Durchtrittsöffnung (1c) eines an der Profiloberfläche anliegenden Führungselementes (1) und eine in Vorschubrichtung (V) hinter dem Führungselement (1) angeordnete, in einem Trägerelement (4) gehaltene Biegehülse (5) bewegt wird. Die Biegehülse (5) ist dabei um eine senkrecht zur Vorschubrichtung (V) verlaufende Achse kippbar und senkrecht zur Längsachse (L) des Profils (7) verlagerbar, so daß sie auf das Profil (7) biegend einwirkt. Die Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, daß bei Verdrehung des Profils (7) um seine Längsachse (L) durch die Vorschubeinrichtung (3) das Führungselement (1) und die Biegehülse (5) mit dem Profil (7) mitverdrehen werden können, wodurch ein dreidimensionales Biegen von Profilen (7) auch mit von der Kreisform abweichender Querschnittsform ermöglicht wird.

Für die Zusammenfassung ist Fig. 2 bestimmt.

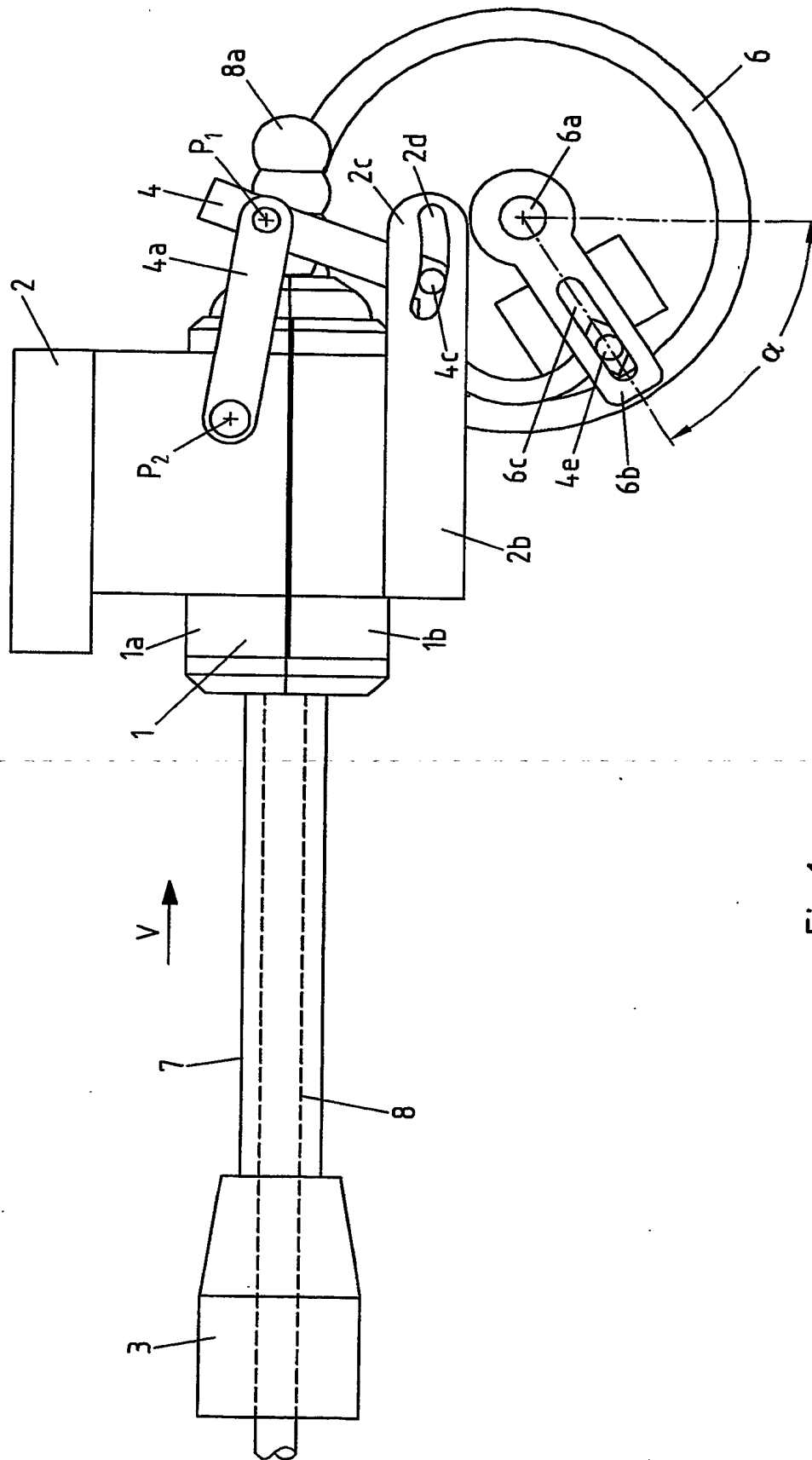


Fig.1

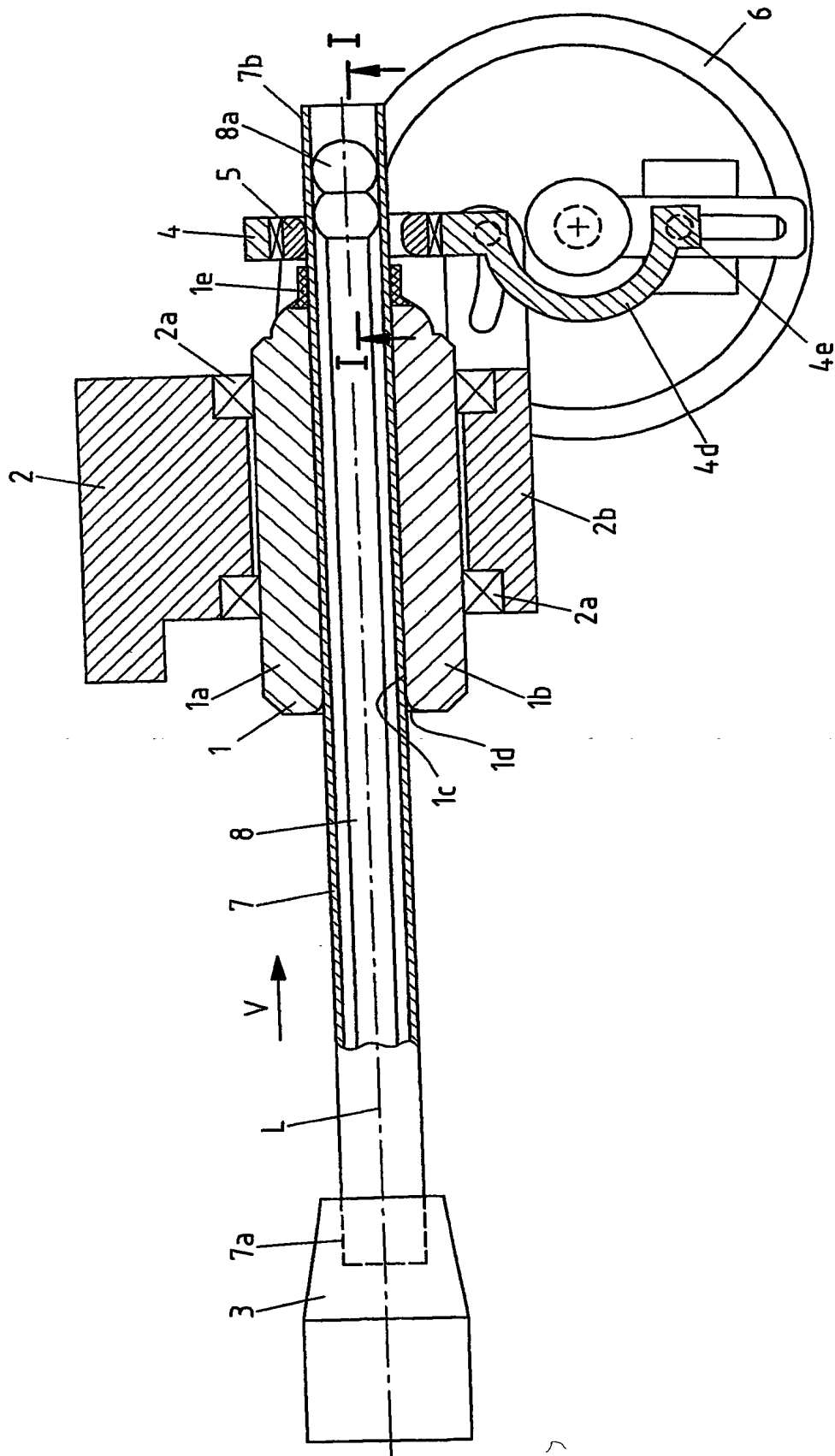


Fig. 2

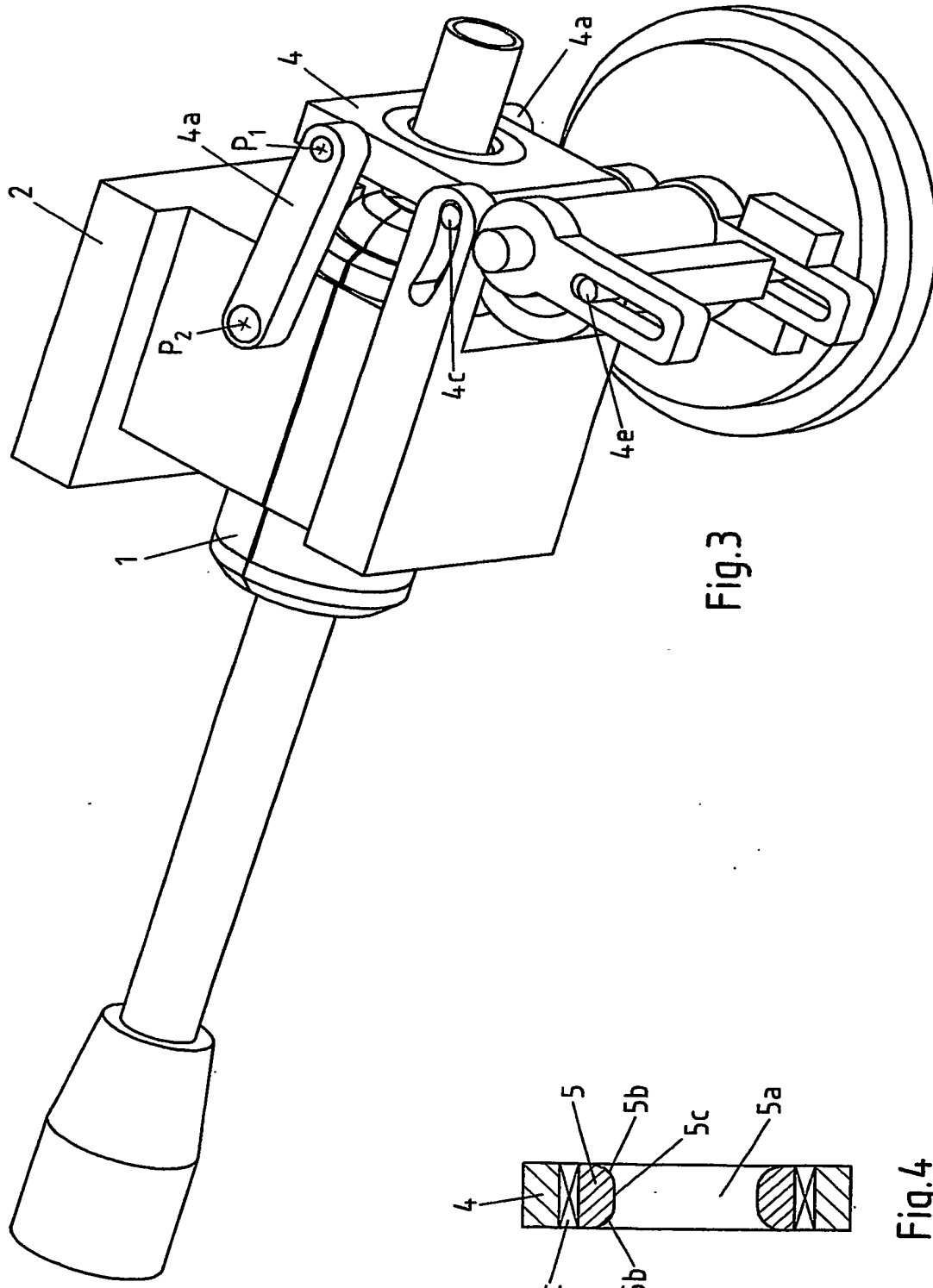


Fig.3

Fig.4

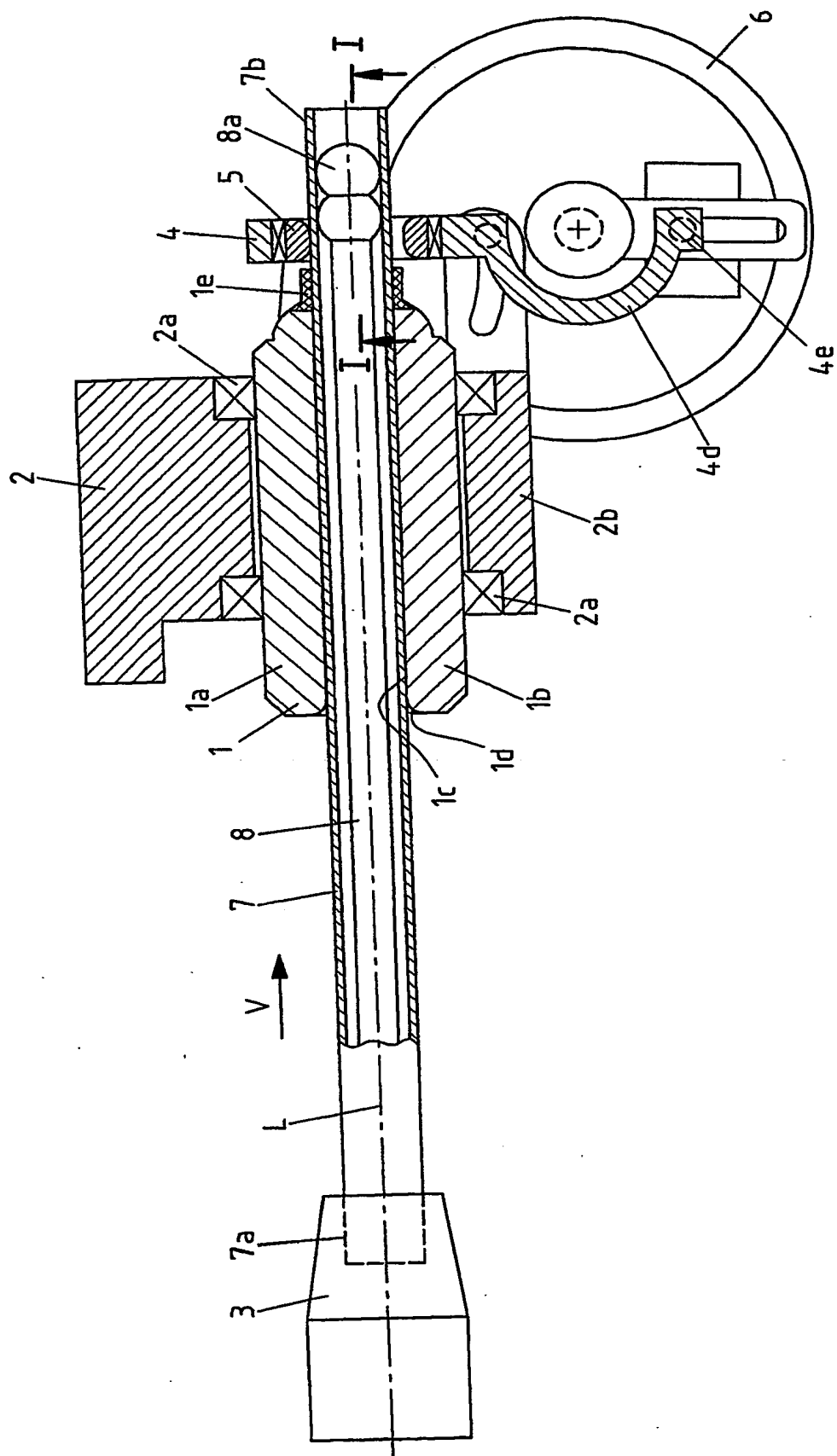


Fig.2